

## 음향임피던스 정합을 이용한 액면레벨 리미트 센서의 기초연구

김철한, 이수호\*, 사공 건\*, 이준희\*\*

부산대학교 전자공학과, 동아대학교 전기공학과\*, 동아대학교 신소재화학공학부\*\*

### A Basic Study on the Water Level Limit Sensor Utilizing Acoustic Impedance Matching

Cheol-Han Kim, Su-Ho Lee\*, Geon Sa-Gong\*, Jun-Hee Lee

Department of Electronic Engineering, Busan National University

\* Department of Electrical Engineering, Dong-A University

\*\* Div. of Metallurgical Materials & Chemical Engr., Dong-A University

**Abstract :** In this paper, an ultrasonic level limit sensor with a new structure utilizing the acoustic impedance matching is proposed to be able to check it out a change of water-level. 2 PZT resonators with the same property are bonded directly on the polyethylene plate. One is for transmitter as an ultrasonic transducer, the other one is for receiver. In this case, a polyethylene plate will operate as an acoustic guider to transmit a transverse wave between 2 PZT resonators in air. While in the water, a polyethylene plate having a similar acoustic impedance with the water will be emitted an acoustic energy into the water as a longitudinal wave. According to this mechanism, there was a wide difference of acoustic signal output between underwater and in air. As a summary, it is believed that this proposed level limit sensor could be used as a new one with strong toughness from the external electrical and mechanical noise.

**Key Words :** Ultrasonic Transducer, acoustic impedance Matching, PZT Resonator

#### 1. 서 론

액면레벨 리미트센서는 탱크 안의 기름 또는 물과 같은 유체의 액면에 지정된 위치에 따라 동작하는 센서이다. 액면레벨 리미트센서는 크게 기계식과 전기식으로 분류된다. 기계식은 플로트를 사용하는 것이 대부분이고, 전기식은 전기저항의 변화를 이용하는 전기저항방식과, 물질의 유전율의 차이를 이용하는 정전용량방식이 있으며, 공기 중과 액체 중에서 수신되는 초음파의 크기 차를 이용하는 초음파방식이 있다[1]. 초음파방식은 공진자로 사용되는 PZT 세라믹스의 종방향 공진주파수가 매우 높기 때문에 사용주파수가 높아지고, 전자회로가 복잡해지게 된다. 또한 송신기와 수신기의 각도를 일치시켜야 하는 등의 문제점을 가지고 있으며, 가격이 비싸다[2]. 본 연구에서는 이러한 초음파 방식 리미트센서의 단점을 극복하기 위해 압전진동자 사이를 폴리에틸렌 평판 매질이 음향 가이드로서 작동되도록 직접 연결한 새로운 방식의 리미트스위치를 제작하였다. 폴리에틸렌 평판은 공기 중에서는 PZT트랜스듀스 간에 횡파를 전달하는 음향가이드로서 작용하고 있으며, 또한 액체에서는 물과 비슷한 음향임피던스를 가진 폴리에틸렌 평판이 종파로 액체 속으로 음향 에너지를 방출한다. 이로서 높은 S/N비와 신호차가 크므로 전자회로가 단순해지고, 압전진동자[3]가 평판매질을 통해 직접 연결되어있는 각도일치의 문제가 해결된 일체형 새로운 구조의 액면레벨 리미트센서를 제안한다.

#### 2. 진동자의 제작

본 연구에서는 평판매질을 진동시키는 소자로는 선행된 Flux법에 의해 제조된 Nb5+ 0.75 wt%첨가된 PZT분말 [4]을 사용, PZT진동자를 제작하였다. 이 진동자의 외경을 14[mm], 두께는 0.24[mm]로 가공한 후 PZT진동자와 금속판(외경: 20 mm, 두께 :17mm)을 접착제로 부착한 후 수중에서의 측정을 위해 유성 페인트로 도포시켰다. 이때 진동 전파매질로 음향임피던스가 물과 비슷한 폴리에틸렌 평판을 사용하였다. 제작된 리미트센서를 그림 1에 나타내었다.

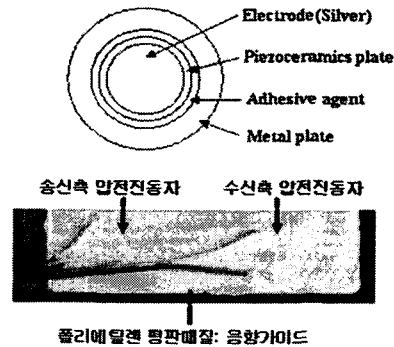


그림 1. 압전진동자와 제안된 액면레벨 리미트 센서의 구조

#### 3. 실험결과 및 검토

제작된 시편이 수중에 잠겼을 때 신호가 감소되는 것을 확인하기 위하여 공진주파수에서 공기 중과 수중에서의

신호를 측정하였다. 입력신호 공급 장치로는 METEX MXG-9802 Function Generator/frequency Counter를 사용하여  $\pm 5[V_{p-p}]$ 의 정현파 신호를 입력하였으며, Tektronix TDS-3014 디지털 오실로스코프로 측정된 출력신호를 그림 2에 나타내었다.

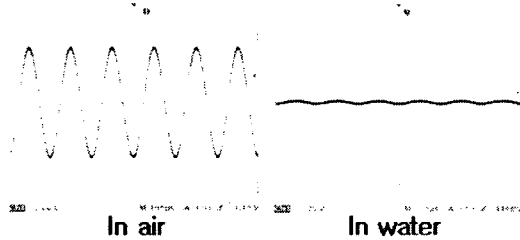


그림 2. 매질에 따른 신호의 차이

주파수에 따른 진폭 및 위상 특성은 Stanford Research Systems의 SR830 DSP Lock-In Amplifier를 사용하여 측정하였다. 본 연구에서는 입력측 압전진동자를 구동시키기 위해 SR830에 내장된 기준 오실레이터를 사용하였다. 기준 입력신호는  $2[V_{rms}]$ 의 정현파이며,  $1\sim 10[kHz]$ 까지의 주파수 범위에서 제작된 리미트스위치의 공기 중 및 수중에서의 출력신호의 크기(R)와 위상( $\theta$ )을 그림 3에 나타내었다.

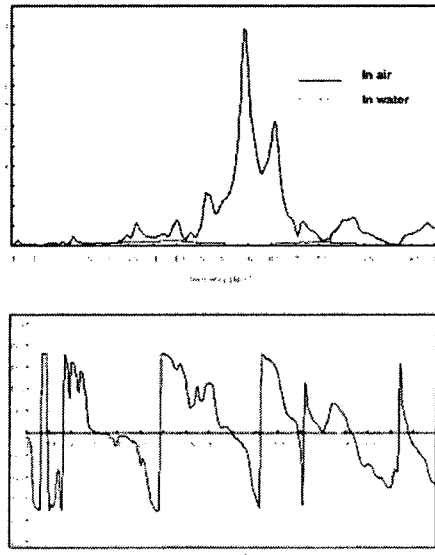


그림 3. 센서의 음향전달함수 그래프

공기 중에서 약  $5.95[kHz]$ 에서 최대 출력을 나타내었으며, 수중에서는 진폭이 크게 감소됨을 확인하였다. 위상은 공진주파수 부근에서  $-180^\circ$  이었는데, 이것은 폴리에틸렌 평판이 횡파로 전달되고 반파장이 되는 지점에서 최대 진폭이 되기 때문이다. 또한 공기 중에서 최대진폭 즉 공진점 부근의 주파수에서 물속에서는 신호의 감쇠가 일어나고 주파수에 대해 진폭의 변화가 작은 이유는 폴리에틸렌 평판이 그림 4와 같이 공기 중에서는 PZT트랜스듀스

간에 횡파를 전달하는 음향가이드로서 작용하고 있으며, 수중에서는 종파로 액체 속으로 음향에너지를 방출하기 때문에 뎀핑효과에 의해 주파수에 따른 진폭의 변화가 작게 나타나는 것으로 생각된다. 따라서 외부로부터의 전기적, 기계적 노이즈에 매우 강인하며, 높은 S/N비를 가지는 새로운 구조의 액면레벨 리미트 센서로 응용될 수 있음을 확인하였다.

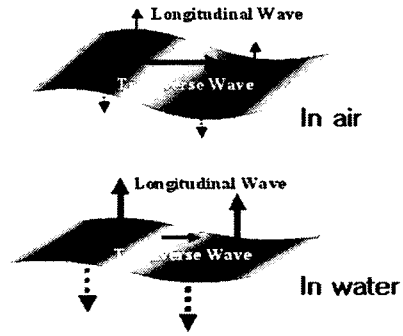


그림 4. 매질에 따른 종파와 횡파의 전파

#### 4. 결 론

본 연구에서는 폴리에틸렌 평판 매질에 압전진동자가 부착된 새로운 리미트스위치를 제작하였다. 제작된 리미트스위치의 공진주파수에서 공기중과 수중에서의 출력신호를 측정된 결과, 공기 중에서는 입력신호의 44[%]로 감소하였으며, 수중에서는 폴리에틸렌 평판과 물의 임피던스 정합으로 인하여 입력신호의 2.7[%]로 감소하였다. 이 결과로부터 물과 공기에서 신호차가 매우 큼을 확인할 수 있었으며, 외부로부터의 전기적, 기계적 노이즈에 매우 강인한 새로운 구조의 액면레벨 리미트 센서로 응용될 수 있음을 확인하였다.

#### 감사의 글

본 연구는 과학기술부 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03) 지원으로 수행되었습니다.

#### 참고 문헌

- 1) 황규영, "센서 活用奇術", 기전연구소, p.243, 1985.
- 2) 양윤석, 김철한, 사공건, "수중용 레벨메터의 제작 및 펄스에-코특성", 대한전기학회학술대회논문집, p.935, 1999.
- 3) 박창엽, "전기전자용 세라믹스", 반도출판사, p.152, 1997.
- 4) 이수호, 조현철, 류주현, 사공건, "용융합성법에 의해 제조된 압전세라믹(PZT)의 미세구조 및 첨가물의 효과, 한국전기전자재료학회지, 11권 5호, p.378, 1998.